

# Beantwortung der Frage nach dem Luftgehalt des wasserleitenden Holzes.

Von

**Dr. Max Scheit.**

---

## 1. Zurückweisung der Annahme von Luftblasen in den Wasserleitungsorganen der Pflanzen.

Die Frage nach dem Luftgehalt der Wasserleitungsorgane ist für eine Theorie der Wasserleitung im Holze von der allergrössten Bedeutung, auf ihre Bejahung stützen sich sämmtliche neuere über die Wasserbewegung im Holze aufgestellte Theorieen. Bereits in meiner vorläufigen Mittheilung <sup>1)</sup> zog ich aus den mitgetheilten Erörterungen und Versuchen den Schluss, dass die wasserleitenden Organe entweder Wasser oder Wasserdampf, nicht aber Luft führen.

Es lag ursprünglich in meiner Absicht, genannte Frage demnächst in einer ausführlichen Arbeit über die Wasserleitung im Holze zu beantworten, und zwar gestützt auf ausführliche Beobachtungen und Untersuchungen; eine erst kürzlich erschienene Arbeit von ELFVING <sup>2)</sup> veranlasst mich jedoch, dies schon jetzt zu thun. Genannter Autor behält in seiner Arbeit noch die Jamin'sche Kette als wasserhaltend bei mit der Ansicht, dass dieselbe nur die Längenbewegung einer Wassersäule als ein Ganzes hindere, während den einzelnen Wassertheilen innerhalb derselben vollständig freies Spiel gelassen sei, indem sie fortgeschafft und durch andere ersetzt werden könnten.

---

<sup>1)</sup> Bot. Z. 1884. No. 12. p. 182.

<sup>2)</sup> Ueber d. Transpirationsstrom i. d. Pfl. Abdr. aus „Acta Societatis Scientiarum Fennicae“, Tom. XIV. Helsingfors 1884.

Mein oben mitgetheiltes Untersuchungsergebniss fertigt ELFVING kurz mit den Worten ab:

„Dieser theoretisch abgeleiteten Behauptung gegenüber genügt es, auf die Thatsache hinzuweisen, dass jedes Stück Holz eine Menge Blasen enthält, die auch nach längerem Liegen in Wasser nicht verschwinden und folglich nicht nur Wasserdampf, sondern auch Luft enthalten.“

Aus einer noch zu besprechenden Beobachtung schliesst dann ELFVING: „Die Luftblasen entstehen also dann, wenn der Wasserverbrauch grösser ist als die Wasserzufuhr.“

Um die auf Luftgehalt des trachealen Systems bezüglichen Angaben genügend erklären zu können, fragen wir zunächst:

„Wie kann überhaupt Luft in die Tracheen der unverletzten, lebenden Pflanze gelangen?“

Nur zwei Möglichkeiten sind vorhanden: Entweder dringt die Luft von aussen durch die Spaltöffnungen und Lenticellen in die Intercellularräume ein und von da durch Diffusion in die Lumina der Gefässe und Tracheiden, oder die Luft wird im absorbirten Zustande durch die Wurzeln aufgenommen und gelangt mit dem Transpirationswasser in die Wasserleitungsorgane, in deren Innern sie dann frei wird und sich in Blasenform ansammelt.

Was zunächst die erste Möglichkeit anbelangt, so ist dagegen anzuführen, dass eine einfache Communication der Spaltöffnungen mit den Gefässen nicht besteht, wie v. HÖHNEL<sup>1)</sup> nachgewiesen hat, ebensowenig eine solche mit den Intercellularen, die zwar nach RUSROW<sup>2)</sup> auch im Holze nicht ganz fehlen, wie SANIO<sup>3)</sup> jedoch bemerkt, gar zu selten vorkommen, um ihnen irgend welche physiologische Bedeutung beizulegen.

Nur für das Markstrahl- und Holzparenchym-Gewebe können die Intercellularen in Betracht kommen, insofern sie durch die Rinde bis zu den Lenticellen weiter verlaufend den Gasaustausch zwischen diesen lebensthätigen Geweben mit der Luft vermitteln.

Ebensowenig wie die anatomischen Verhältnisse für eine Diffusion der Luft durch die Membran der Wasserleitungselemente, sprechen auch die Versuche für eine solche, wie aus einem Ex-

<sup>1)</sup> Beiträge zur Kenntniss der Luft- u. Saftbewegung i. d. Pfl. Berlin 1879.

<sup>2)</sup> Zur Kenntniss des Holzes etc. Bot. Centralbl. Bd. XIII. No. 1—5.

<sup>3)</sup> B. Centralbl. Bd. XX. No. 1.

periment von NÄGELI und SCHWENDENER<sup>1)</sup> hervorgeht, bei welchem selbst ein mehrere Wochen wirkender Druck von 2250 mm Hg keine Luft durch Tannenholz zu pressen vermochte. Beobachtungen BÖHM'S, v. HÖHNEL'S, WIESNER'S, sowie die von mir selbst angestellten und in meiner vorläufigen Mittheilung<sup>2)</sup> näher beschriebenen führen zu demselben Resultate, und „ein vollständiger Abschluss erscheint, um mit SCHWENDENER<sup>3)</sup> zu reden, für ein Wasserreservoir naturgemäss, während er dies für die Durchlüftung nicht wäre.“

Lässt sich durch Coniferenholz wirklich Luft pressen, was nur bei lufttrockenem Holze oder bei Zweigabschnitten mit trockenen Schnittflächen möglich ist, dann geht sie durch die Intercellularen, wie Russow nachgewiesen hat<sup>4)</sup>, indem er zugleich besonders auf das durch den Druck veranlasste Hervorsprühen der Luft hinwies, welches mit Sicherheit darauf schliessen lasse, dass die durchgetriebene Luft aus freien, nicht von einer permeablen Membran verschlossenen Hohlräumen entweiche.

Bei den SACHS'schen Untersuchungen<sup>5)</sup>, sowie v. HÖHNEL'S<sup>6)</sup> bleibt es nach Russow (l. c. p. 102) ganz unsicher, ob die unter Druck entweichende Luft aus den Tracheen oder Intercellularen kommt, es sei auch hierdurch nicht bewiesen, dass bei sehr starker Verdünnung der Gefässluft Luft von aussen diffundiren kann, wie v. HÖHNEL (l. c.) anzunehmen geneigt ist. Auch SACHS<sup>7)</sup> spricht sich dahin aus, dass die Beobachtung eher gegen die Diffusion von der Rinde her, sowie gegen die Aufnahme der Luft durch die Wurzel im absorbirten Zustande zu sprechen scheine, bei genauerer Ueberlegung der obwaltenden Verhältnisse müsste man eher vermuthen, dass die Hohlräume des Holzes einer unverletzten Pflanze eigentlich geradezu luftleer sein könnten.

Die oben erwähnten Versuche berechtigen jedenfalls zu dem Schlusse, dass, so lange die Membranen feucht sind, wie es unter normalen Verhältnissen der Fall bei der lebenden Pflanze ist, keine Luft diffundiren kann, denn es lässt sich beweisen, dass selbst

1) „Das Mikroskop.“ §. 358.

2) l. c. p. 179 u. f.

3) „Die Schutzscheiden etc.“ Berlin 1882. kgl. Ak. d. W.

4) l. c. p. 103.

5) Arb. d. bot. Inst. i. Würzburg Bd. II. H. 2. p. 324.

6) B. Z. 1879. p. 21.

7) „Porosität d. Holzes“ p. 324.

bei wochenlangem Einwirken eines Druckes von einer Grösse, wie er von aussen auf die geschlossene Pflanze nicht einwirkt, keine Luftdiffusion erfolgt.

Wie steht es nun mit der zweiten Möglichkeit für den Luft-eintritt? SACHS (l. c.) lässt die Möglichkeit offen, dass das Imbibitionswasser ein wenig Luft mitnimmt, und dass diese dann in die Hohlräume diffundirt. Für uns als Gegner der „Imbibitions-theorie“ fällt diese Möglichkeit fort.

TH. HARTIG <sup>1)</sup> lässt die Möglichkeit zu, dass eine wechselnde Abscheidung und Wiederaufnahme der Holzluft in den Holzsaft stattfinde, wodurch eine Druck- oder Saugkraft bedingt werde, welche die Bewegung des Holzsaftes hervorriefe. Durch das physikalische Experiment glaubt unser Autor die Absonderung der Luft aus dem lufthaltigen Bodenwasser bei dessen Fortbewegung in capillaren Räumen bestätigt zu haben, er vergisst jedoch, dass in der lebenden Pflanze das Wasser erst protoplasmatische Zellen passiren muss, ehe es in die durch Membranen verschlossenen Capillaren eindringt, während der Versuch mit unten geöffneten Capillaren angestellt wurde. Uns scheint es unwahrscheinlich, dass das Bodenwasser die noch im Wachsthum begriffenen wasser-aufnehmenden Wurzelzellen durchdringt, ohne dass die in ihnen gelöste Luft für den Lebensprocess Verwendung gefunden hätte.

Sehen wir zu, ob diese Vermuthung durch die mikroskopische Beobachtung bestätigt wird.

TREVIRANUS <sup>2)</sup> glaubt an Holzlängsschnitten unter Wasser die allmähliche Contraction von Luftblasen in den unverletzten Gefässen durch das eindringende Wasser, welches die vorher die Gefässe erfüllende Luft absorbire, beobachtet zu haben.

Ebenso giebt HOFMEISTER <sup>3)</sup> an, bei Untersuchung nicht zu dünner Längsschnitte unter Oel in sehr vielen engeren und weiteren Gefässen langgezogene Luftblasen gesehen zu haben.

TH. HARTIG <sup>4)</sup> führt an, dass man sich vom Luftgehalt der Holzfaser überzeugen könne, wenn man aus lebendem Holze tangentielle Längsschnitte unter Wasser fertigt und solche noch im Wasser in den Oeltropfen der Objektplatten unter das Mikroskop bringt.

<sup>1)</sup> Bot. Z. 1861 u. 63.

<sup>2)</sup> Physiologie, §. 70. p. 117.

<sup>3)</sup> Verhandl. d. kgl. s. G. d. W. z. Leipzig Bd. 9. 1857. H. II u. III.

<sup>4)</sup> Bot. Z. 1863. No. 41.

BÖHM <sup>1)</sup> sagt: „Werden zu irgend einer Jahreszeit nicht zu zarte Längsschnitte durch das fungirende Holz von *Acer*, *Aesculus*, *Salix*, *Syringa*, *Tilia* etc. bei mässiger Vergrösserung in einem Tropfen gewöhnlichen oder mit Kohlensäure gesättigten Wassers beobachtet, so sieht man, dass die Luftblasen in den Tracheen sich ausserordentlich stark contrahiren, zum Beweise, dass dieselben vor dem Einlegen der Präparate in Wasser eine sehr geringe Tension besaßen.“

SACHS <sup>2)</sup> schreibt: „An dünnen Längsschnitten, wenn sie in Wasser unter das Mikroskop gebracht werden, sind die Holzzellen oft mit umfangreichen Luftblasen erfüllt, deren Entfernung nur schwer gelingt.“

ELFVING <sup>3)</sup> endlich beobachtete das Entstehen von Blasen an den leicht zu isolirenden Fibrovasalsträngen von *Plantago major* in Glycerin. „Letzteres zieht Wasser aus den Gefässen heraus, und man kann mit dem Mikroskop direct sehen, wie an Stellen, wo vorher nur Flüssigkeit vorhanden war, plötzlich eine Blase entsteht und sich schnell vergrössert. Wenn das Wasser luft-haltig ist, so muss die Luft in den eben gebildeten Raum diffundiren, weil das Wasser bei dem verminderten Druck nicht so viel Luft wie früher zu absorbiren vermag. Die Luftblasen entstehen also dann, wenn der Wasserverbrauch grösser ist als die Wasserzufuhr.“

Ist aber hiermit der Beweis geliefert, dass die beobachteten Blasen Luftblasen waren? Keineswegs, es können ebensogut Wasserdampfblasen gewesen sein, da kein Beweis für den Luftgehalt des Gefässinhaltes vorhanden ist. Die zweifelhaften Blasen müssen also behufs ihrer näheren Rekognoscirung auf ihr weiteres Verhalten geprüft werden.

Sehen wir z. B. einmal zu, wie sich in Glycerin eingeschlossene Luftblasen gegen Wasser verhalten.

Wir haben einen dünnen radialen Längsschnitt durch luft-trockenes Birkenholz in Glycerin unter das Mikroskop gebracht. Die Gefässe und Holzfasern enthalten eine Menge Blasen, erstere haben sich nur theilweise mit Glycerin gefüllt, ebenso die angeschnittenen Holzfasern, während die unverletzt und geschlossen gebliebenen gar kein Glycerin enthalten, sondern einen abge-

1) Bot. Z. 1881. No. 49 u. 50.

2) Poros. d. H. p. 317.

3) l. c. p. 15.

geschlossenen dunklen Raum darstellen. Geben wir jetzt auf der einen Seite zum Objekt Wasser, während wir mittelst eines Streifens Fliesspapier auf der andern Glycerin entfernen, so sehen wir, wie sich die in den Gefässen eingeschlossenen Blasen verschieben, aus den Gefässmündungen und den beim Schneiden in der Gefässwandung entstandenen Oeffnungen austreten, sich abrunden, mit anderen ausgetretenen Blasen verschmelzen, ohne jedoch zu verschwinden, während die in den geschlossenen Holzfasern befindlichen Blasen ziemlich rasch durch eindringendes Wasser vollständig ausgefüllt und zum Verschwinden gebracht werden.

Wir nehmen jetzt das von ELFVING benutzte Object in Untersuchung, und zwar zunächst ein isolirtes Blattbündel, welches längere Zeit an der Luft gelegen hat. In Wasser unter das Mikroskop gebracht, hellt sich allmählich das undurchsichtige Object auf, aus den Enden des Bündels strömen eine Menge kleiner Bläschen, die sich bald zu einer grösseren Blase vereinigen, welche sich stundenlang unverändert hält, falls man unter dem Deckgläschen das Wasser nicht ausgehen lässt. Es zeigt sich also, dass Luftblasen sich lange Zeit in Wasser unverändert halten, vorausgesetzt, dass das sie umgebende Wasser mit Luft gesättigt war; die im mitgetheilten Versuch austretenden Blasen rührten von der beim Austrocknen des Bündels in die Gefässe eingedrungenen Luft her, welche zum Theil von dem durch die Gefässwandung hindurch in die Gefässe eingedrungenen Wasser verdrängt worden war.

Wie in dem Birkenholzschnitt lassen auch in dem zuletzt beobachteten Object einige Blasen Contraction beim Wasserzutritt erkennen; es geschieht dies aber wiederum nur in den geschlossenen Elementen, nämlich einestheils in den gefässartigen Tracheiden, in welche beim Austrocknen des Bündels wegen der Impermeabilität der Wandung für Luft solche nicht hatte eindringen können, andertheils in den Zellen der Schutzscheide.

Wiederholen wir jetzt den ELFVING'schen Versuch selbst, indem wir ein soeben aus dem Blatt isolirtes, nicht zu dickes Bündel in Glycerin unter dem Mikroskope beobachten. An verschiedenen Stellen der Gefässe entstehen rasch Blasen, die eine Jamin'sche Kette bilden, ersetzen wir, wie bei der zuerst mitgetheilten Beobachtung, das Glycerin durch Wasser, so verschwinden die Blasen ebenso schnell, als sie gekommen sind. Derselbe Vorgang wiederholt sich in den das Bündel umgebenden Schutzscheidezellen, die Blasen verschwinden wie in den geschlossenen

Elementen der beiden vorher betrachteten Objekte; Luftblasen bleiben nun, wie wir gesehen, in Wasser lange Zeit unverändert, folglich können die sich contrahirenden Blasen keine Luftblasen sein, sondern Wasserdampfblasen, deren Vorhandensein zugleich beweist, dass im Inhalt der Wasserleitungselemente keine Luft aufgelöst ist. Wir dürfen daher nicht sagen „Luftblasen“, sondern Wasserdampfblasen entstehen dann, wenn der Wasserverbrauch grösser ist als die Wasserzufuhr, sobald die Wasserleitungselemente vor dem Eintritt der Aussenluft geschützt sind.

Man könnte einwenden, Wasserdampfblasen im Innern geöffneter Gefässe müssten im Entstehen sofort durch den an den Gefässenden auf das sie umgebende Wasser wirkenden Luftdruck condensirt werden. Dies wird jedoch durch das Zustandekommen einer JAMIN'schen Kette verhindert, welche bekanntlich dem Druck einen grossen Widerstand entgegensetzt.

Bemerkt sei noch, dass das verwendete Wasser keineswegs luftarm war, so dass es vielleicht die vorhandenen Blasen hätte absorbiren können, sondern es hatte mehrere Tage in einem flachen Gefäss mit der Luft in Berührung gestanden und sich mit solcher sättigen können.

Die zuletzt mitgetheilte Beobachtung lehrt zugleich, dass Wasser leicht die Schliesshäute zu durchdringen vermag, während Glycerin selbst bei 1 Atmosphärendruck nicht durch die Gefässwandung hindurch in die wasserdampferfüllten Räume gelangen kann.

Berücksichtigt man die bekannte für mikroskopische Dauerpräparate oft so störend werdende Eigenschaft des Glycerins, Luftblasen für lange Zeit festzuhalten, so stellt sich dieses als eines der geeignetsten Prüfungsmittel für den Luftgehalt der einzelnen Pflanzentheile heraus, will man z. B. wissen, ob zu irgend einer Zeit im wasserleitenden Holze Wasser enthalten ist oder Luft oder Wasserdampf, so braucht man nur mit einer Doppelschere, wie sie VOLKENS<sup>1)</sup> bei seinen Versuchen anwandte, ein Zweigstück unter gefärbtem Glycerin abzuschneiden; lässt sich auch weniger deutlich der Wassergehalt nachweisen, so vermag man doch sicher zu entscheiden, ob Luft die Wasserleitungselemente erfüllt oder nicht. An den ebenfalls unter Glycerin angefertigten mikroskopischen Schnitten vermochte ich auf diese Weise in den Wasserleitungsorganen nie Luft nachzuweisen, nur in den

---

<sup>1)</sup> Diss. Berlin 1881.

Intercellularen des Markstrahl- und Holzparenchymgewebes gelang dies. Im Spätsommer zeigten sich sämmtliche durch den Schnitt geöffneten Holzelemente mit gefärbtem Glycerin injicirt, nur an einzelnen englumigen Holzfasern liess sich eine Contraction von Blasen verfolgen, die meist stossweise von den Schnittenden her erfolgte und unzweideutig auf die Gegenwart von Wasserdampf innerhalb der sich mit Glycerin füllenden Elemente hinwies, während die geschlossen gebliebenen Fasern und Tracheiden nicht mit Glycerin injicirt wurden, wohl aber mit Wasser. Es empfiehlt sich daher, derartige Untersuchungen unter Anwendung von Glycerin sowohl als auch von Wasser zugleich anzustellen. Interessant ist es, zu beobachten, wie an den Tüpfeln der geschlossenen Elemente bei Anwendung von Wasser allmählich sich Wassertröpfchen ansammeln, die schnell sich vergrössern und mit einander verschmelzen, bis die Tracheide vollständig mit Wasser gefüllt ist.

Ich unterlasse es, auf die zahlreichen mikroskopischen Beobachtungen, die ich in dieser Hinsicht angestellt habe, näher einzugehen, das Mitgetheilte wird genügen, zu beweisen:

- 1) dass die in mikroskopischen Schnitten auftretenden Blasen nur dann Luftblasen sein können, wenn bei Herstellung des Schnittes der Zutritt der äusseren Luft nicht verhindert worden war;
- 2) dass auch mit dem Transpirationswasser keine Luft in die von ihm eingenommenen Holzelemente gelangt.

Es sei noch erwähnt, dass die von MALPIGHI, NIAMENTYD, WOLFF, THÜMMIG, HALES für den Luftgehalt der Gefässe beigebrachten Beweise schon von REICHEL für ungenügend befunden wurden <sup>1)</sup>).

## 2. Folge des Oeffnens wasserdampferfüllter Holzelemente in verschiedenen Medien.

Nachdem wir nachgewiesen haben, dass unter Umständen Wasserdampf die Hohlräume des Holzes der unverletzten Pflanze erfüllen kann, nie aber Luft, ist es ein Leichtes, eine Reihe bekannter Erscheinungen und Versuchsergebnisse, die man zum Theil bisher als Belege für den Luftgehalt des Holzes anführte, auf ihre wahre Ursache zurückzuführen.

<sup>1)</sup> SACHS, *Gesch. d. Bot.* p. 524.



Gehen wir zunächst auf die Erscheinung des negativen Druckes ein.

Durchschneidet man wasserdampferfüllte Gefässe unter Hg oder einer gefärbten Flüssigkeit, so werden sie mit ausserordentlicher Geschwindigkeit auf weite Strecken hin injicirt, wie aus den in meiner vorläufigen Mittheilung mitgetheilten Versuchen ersichtlich ist <sup>1)</sup>).

Die von COTTA <sup>2)</sup> gemachte Beobachtung, dass gefärbte Flüssigkeit in die von ihr umspülten Zweige bei ein und derselben Holzart zuweilen den ganzen Holzcylinder, bisweilen nur den äusseren, ein andermal gerade den inneren, oder gar nur einzelne gefärbte Punkte, oder nur eine Seite gefärbt zeigte, erklärt sich dahin, dass eben nur in die Elemente Flüssigkeit eindringen konnte, die gerade nicht durch eingedrungene Luft verstopft waren, sondern die entweder mit Wasser erfüllt von der Pflanze entnommen, oder durch Abschneiden unter Flüssigkeit vor Berührung mit Luft geschützt wurden.

Nach den verschiedensten Seiten hin machen sich die Folgen des Anschneidens wasserdampferfüllter Hohlräume im Holze bemerkbar. Durchschneidet man z. B. einen krautigen Stengel zu der Zeit, zu welcher wenig oder kein flüssiges Wasser im Holze vorhanden ist, so wird der aus Schleimgängen oder Milchsaftgefässen in Folge der jetzt zur Geltung kommenden Gewebespannung hervorgepresste Schleim und Milchsaft durch den Luftdruck in die leeren oder wasserdampferfüllten Gefässe und Tracheiden gepresst, und diese oft auf weite Strecken hin damit injicirt, eine Erscheinung, die manche Forscher verleitete, einen Zusammenhang zwischen Gefässen und Milchsaftgängen anzunehmen.

Eine derartige Verstopfung der Wasserleitungsorgane durch Schleim ist, wie bereits v. HÖHNEL <sup>3)</sup> nachgewiesen hat, eine der häufigsten Ursachen des Welkens abgeschnittener, in Wasser gestellter Sprosse, aber schon der blosse Eintritt von Luft in die Gefässe genügt, um eine Verstopfung für Wasser zu bilden, wie auch SACHS <sup>4)</sup> vermuthet.

Lufttrockenes Splintholz von Coniferen lässt bekanntlich kein Wasser unter Druck filtriren, in diesem Falle, wie in dem vorher

<sup>1)</sup> Bot. Z. 1884 No. 13. p. 195 u. f.

<sup>2)</sup> „Naturbetrachtungen über d. Bewegung u. Funktion des Saftes i. d. Gew. etc.“ Weimar 1804.

<sup>3)</sup> Bot. Z. 1879.

<sup>4)</sup> Vorl. IX. p. 292.

mitgetheilten, haben wir es nur mit einer Verstopfung der Wasserleitungsrohren zu thun und nicht mit einer Veränderung der todtten Holzwandung in Bezug auf Leitungsfähigkeit für Wasser.

Wenn es DUFOUR<sup>1)</sup> in seinen künstlichen Druckversuchen in einer beschränkten Anzahl von Fällen nicht gelang, Wasser durch eingekerbte oder geknickte Zweige zu pressen, so ist dies dem Umstande zuzuschreiben, dass vorher Luft in die Versuchsobjekte eingedrungen war und die Lumina des Holzes verstopft hatte für nachherige Wasserfiltration, wie ich an der Hand von Gegenversuchen bewiesen zu haben glaube<sup>2)</sup>, sowie durch Hinweis auf den Umstand, dass durch die von DUFOUR angewendeten Manipulationen eine Unterbrechung der Communication innerhalb der Lumina der Wasserleitungsorgane nicht möglich ist; die an der lebenden, transpirirenden Pflanze bleibenden Versuchszweige blieben nicht deshalb frisch, weil der Transpirationsverlust durch Imbibitionswasser innerhalb der verholzten Membran ersetzt werden konnte, sondern weil der Luftzutritt verhindert war, die Luft konnte nur an den Einkerbungsstellen soweit eindringen, als geöffnete Elemente vorhanden waren, von den Schnitten blieben aber eine Menge Tracheiden unberührt, so dass zwischen beiden Kerben seitlich vermittelt Tracheiden dem Transpirationswasser der Weg durch die Schliessmembranen offen blieb; überwiegen zwischen den beiden Schnitten Gefässe oder längere Tracheiden und sind diese geöffnet, dann kann natürlich auch in diesem Falle Welken der am Baume belassenen Versuchszweige eintreten, wie es in Wirklichkeit bei einer Anzahl der von DUFOUR untersuchten Pflanzen der Fall war.

Es bleiben uns noch eine Reihe von Erscheinungen zu betrachten übrig, die scheinbar für den Luftgehalt des Holzes sprechen, in Wahrheit aber auf Eintritt von Luft beim Anschneiden und Oeffnen mit Wasserdampf erfüllter Räume, oder auf anderen noch zu besprechenden Ursachen beruhen.

Eine der bekanntesten Erscheinungen ist die, dass unter Wasser gehaltene Holzstücke aus den Hirschnitten häufig Luftblasen austreten lassen, eine Erscheinung, die noch auffallender wird, wenn man, wie es bereits HALES<sup>3)</sup> that, das betreffende Holzstück mit einer Drahtzange drückt, oder noch besser, wenn

1) Vorl. Mitthl. aus „Arb. d. bot. Inst. i. Würzb. III. H. 1.“

2) Bot. Z. 1884. No. 13. p. 196 u. f.

3) TREVIRANUS, Physiol. § 70. p. 117.

man es in warmes Wasser bringt oder unter Wasser dem Evacuationsraum der Luftpumpe anvertraut. Zunächst muss bemerkt werden, dass nur solches Holz unter diesen Verhältnissen Luft austreten lässt, welches längere Zeit mit der Luft in Berührung gewesen und nicht mit Wasser erfüllt war; Zweige, die unter Wasser abgeschnitten werden, lassen erst bei Behandlung mit der Luftpumpe Luft austreten.

Beim Abschneiden von Zweigen unter mit Luft gesättigtem Wasser vermochte ich in keinem Falle Luftaustritt zu bemerken. Da wir oben gesehen, dass in der geschlossenen Pflanze die Wasserleitungsorgane keine Luft führen, so muss die auch an den Schnittflächen gegen Lufteintritt von aussen geschützter Holzstücke unter der Luftpumpe austretende Luft aus den Intercellularen kommen, sowie aus dem umgebenden Wasser, von welchem sie absorbiert wurde.

Eine weitere Möglichkeit für den Ursprung der austretenden Luftblasen giebt uns SACHS<sup>1)</sup> an die Hand: „Lässt man wasserarmes Holz oder sonstige imbibitionsfähige Körper in lufthaltigem Wasser liegen, so bemerkt man sofort, dass bei der Einsaugung des Wassers an der Oberfläche des Körpers reichlich feinste Luftblasen abgeschieden werden, offenbar, weil das in die Häute eindringende Wasser die in ihm aufgelöste Luft abgiebt.“ NÖRDLINGER<sup>2)</sup>, welcher wahrscheinlich luftarmes Wasser zu seinen Versuchen anwandte, beobachtete dagegen fast keinen Luftaustritt aus den Schnittflächen kleinfingerlanger, im Dezember abgeschnittener und in Wasser gelegter Weidenzweigstücke, dagegen bemerkte er, dass die Zweigstücke in einer Stunde 10  $\frac{0}{0}$  ihres Gewichtes an Wasser aufnahmen, ein Umstand, der auf Wasserdampfgehalt innerhalb geschlossener Tracheiden deutet.

Beim Luftaustritt aus trockenem oder wasserarmem Holze ist ausser den erwähnten Ursachen auch dem Umstande Rechnung zu tragen, dass beim Eintauchen solchen Holzes in Wasser die vor Allem an den porösen Schnittflächen haftende verdichtete Luftschicht sich in Blasengestalt löst wie von der Oberfläche irgend eines anderen in Wasser tauchenden Körpers.

Als Belege für das im Vorigen über den Ursprung der unter

<sup>1)</sup> Poros. d. H. p. 324.

<sup>2)</sup> Forstbotanik p. 85.

Umständen aus dem Holze austretenden Luft Gesagte mögen folgende Versuche gelten.

Von *Betula alba*, *Acer platanoides*, *Syringa persica* wurden am 17./IX. 12<sup>h</sup>. m. Zweigstücke unter heissem Wasser abgeschnitten; nur an der Rinde und dem Mark, sowie den Lenticellen bei *Betula* traten feine Luftbläschen aus, ferner bei *Ampelopsis* auch aus dem Holze, an Grösse sich jedoch nicht von den aus den Rindenintercellularen austretenden Bläschen unterscheidend.

*Betula alba* am 16./IX. 12<sup>h</sup>. m. unter Wasser von der Temperatur der Luft durchschnitten, zeigte keinen Luftaustritt, ein Abschnitt des Versuchszeuges darauf in Wasser von 51 ° C. geworfen, lies nach einiger Zeit an beiden Schnittflächen feine Luftbläschen austreten, die zum Theil aus dem beim Schneiden eingedrungenen Wasser stammen mochten, der Luftaustritt dauerte kaum 1 Minute.

Ein zweites in Luft abgeschnittenes, dann aber wie das vorige behandeltes Stück liess sofort Luft in grösserer Menge und in grösseren Blasen austreten. Im Allgemeinen erfolgte der Luftaustritt um so andauernder, je länger die Versuchsstücke vorher in Luft verweilt hatten.

Aus der Beobachtung, dass frisches Holz, welches man im Sommer aus dem Stamme oder Aste eines in Transpiration begriffenen Baumes herausschneidet und dann in Wasser wirft, schwimmt, lässt sich keineswegs der Luftgehalt der trachealen Elemente innerhalb der unverletzten Pflanze erschliessen, wie mehrere Forscher glaubten; das Schwimmen wird vielmehr durch die an den Schnittflächen in die leeren Lumina eingedrungene Luft bedingt, denn verhindert man den Eintritt der äusseren Luft dadurch, dass man die Zweigstücke unter Wasser abschneidet, so sinken sie entweder sofort oder nach kurzer Zeit unter, ohne dass Luftblasen an den Schnittflächen zum Vorschein kämen, während Zweigstücke, welche bereits längere Zeit in Luft verweilt haben, nicht untersinken, wie aus folgenden Versuchen ersichtlich ist.

*Populus tremula*. Am 12./VIII. 12<sup>h</sup>. m. wurde ein 1 cm. dickes Zweigstück unter Wasser abgeschnitten, es sank sofort unter; ein zweites in Luft abgeschnittenes und sofort in Wasser geworfenes Stück sank erst nach einiger Zeit, ein drittes, welches 5 Minuten dem Luftzutritt ausgesetzt gewesen war, schwamm im Wasser, um erst am nächsten Tage zu sinken. Weitere Versuche ergaben, dass ein nochmaliges Durchschneiden der in Luft ab-

geschnittenen und in Wasser schwimmenden Objekte ein rasches Sinken derselben veranlasste, eine Erscheinung, welche auf das Vorhandensein abgeschlossener leerer Tracheiden hinweist, in welche vor dem zweiten Durchschneiden wegen der an den in Luft hergestellten Schnittflächen eingedrungenen Luft kein Wasser hatte eindringen können.

*Salix caprea*. Zweigstücke sanken, unter Wasser abgeschnitten, sowohl am 18./VI. als am 14./VIII., jedoch erst nach Entfernung des Markes.

*Pinus silvestris*. Am 15./VIII. 3½<sup>h</sup>. p. m. wurde nach einem vorausgegangenen Regen ein Zweigstück unter Wasser abgeschnitten, es sank jedoch erst, nachdem die Rinde entfernt worden war. Ein in Luft abgeschnittenes Stück eines im Absterben begriffenen Zweiges schwamm trotz der Entrindung im Wasser, um erst zwei Tage später zu sinken.

Eigenthümlich verhielt sich *Betula alba*: Ein am 12./VIII. unter Wasser abgeschnittenes Zweigstück sank nicht unter, sondern schwamm, ohne Luft austreten zu lassen. Auch trotz wiederholten Spaltens unter Wasser und zweitägigen Verweilens darin sank das Objekt nicht, einzelne kleinere aus den jüngsten Jahresringen stammende, mit scharfem Messer abgeschnittene Spänchen sanken aber zu Boden.

Auch ein nach andauerndem Regen am 14./VIII. 9<sup>h</sup>. a. m. unter Wasser erst geschältes und dann durchschnittenen Zweigstück schwamm trotz der Entfernung des Markes, ebenso ein 2 mm. dicker Querschnitt. Dasselbe Verhalten wurde noch am 9./XI. 12<sup>h</sup>. m. festgestellt, als bereits das Laub abgefallen war, doch zeigte sich ein Unterschied insofern, als die Holzstücke im Wasser schwebten und zwar wochenlang. Ebenso verhielten sich *Corylus Avellana*, *Alnus glutinosa* nach dem Laubabfall, als sich bereits ihr Holzkörper wieder mit Wasser gefüllt hatte, wie ein Abschneiden einiger Zweige unter Metylgrün zeigte, auf welches keine Injektion erfolgte.

Auch bereits am 18./VI. 12<sup>h</sup>. m. sanken bei bewölktem Himmel und durchnässtem Boden, sowie feuchter Luft unter Wasser abgeschnittene Zweigstücke von *Betula*, *Corylus*, *Alnus* und *Carpinus betulus* nicht, sie schwebten im Wasser, während 8 andere Holzarten zu gleicher Zeit unter denselben Verhältnissen untersanken. Auf das specifische Gewicht der Holzmembran lässt sich das eigenthümliche Verhalten der genannten Holzarten nicht zurückführen, denn es ist bei allen grösser als das des Wassers,

nämlich 1,4, wie ich als Durchschnitt von 3 auf verschiedene Art angestellten Bestimmungen ermittelte; der Luftzutritt war in den Versuchen ausgeschlossen gewesen, es liegt daher die Vermuthung nahe, dass der Luftgehalt eines stark entwickelten Inter-cellularsystems das Sinken verhindert. Da Inter-cellularen nun besonders dem Markstrahlgewebe im Holzkörper zukommen, so richtete ich mein Augenmerk auf das quantitative Vorkommen der genannten Gewebeart bei den genannten Objekten.

In der That zeigen die letzteren ein mächtig entwickeltes Markstrahlgewebe, und NÖRDLINGER<sup>1)</sup> führt Erle, Hasel und Hainbuche unter den Holzarten an, die bei uns die breitesten und höchsten Markstrahlen besitzen, er giebt an, dass bei ihnen die Markstrahlen handhoch sind. Bei der Birke sind die Markstrahlen nach gen. Autor weniger hoch (0,5 mm.) und schmal, dafür aber sind sie zahlreich, und wie ich constatiren konnte, mit grossen Inter-cellulargängen versehen, wie sich am besten an trocknen Schnitten unter Glycerin mikroskopisch nachweisen lässt.

Wenden wir uns nun zur Betrachtung der so oft als Stütze für die Annahme des Luftgehaltes des Holzes angeführten Blutungserscheinungen, wie sie an abgeschnittenen, erwärmten Zweigstücken auftreten.

Sie müssen nach den mitgetheilten Untersuchungen ebenfalls als eine Folge der von aussen in die angeschnittenen, nur zum Theil mit Wasser gefüllten, trachealen Elemente eingedrungenen Luft sein, so dass diese künstlich durch Luftexpansion hervorgerufene Wasserfiltration für die geschlossene Pflanze bedeutungslos ist.

Die nach Beobachtung von SACHS<sup>2)</sup> bei der Erhitzung frischen Holzes aus dem Querschnitt mit Heftigkeit herausströmenden Gasblasen, die zugleich einen Theil des im Holze enthaltenen Wassers mit hinausschleudern, stammen entweder aus dem in den Hohlräumen des Holzes enthaltenen Wasser, von welchem sie jedoch erst bei der Berührung mit der Aussenluft absorbirt wurden, oder es sind Wasserdampfblasen, wie sie sich bei der Erhitzung von Wasser bilden.

Was das Auftreten von Luftblasen aus den Schnittflächen thranender Wurzelstöcke anbelangt, so ist darauf hinzuweisen, dass sie erst nach längerer Dauer des Saftausflusses auftreten.

<sup>1)</sup> „Technische Eigensch. d. H.“ p. 8. 511 u. ff.

<sup>2)</sup> Vorl. XVI. p. 320.

Ihr Erscheinen deutet, wie aus den Versuchen HOFMEISTER'S <sup>1)</sup>, DETMERS <sup>2)</sup> und anderer Forscher hervorgeht, auf beginnende Zersetzung an der Schnittfläche hin, wie auch PFEFFER <sup>3)</sup> vermuthet.

Die Abscheidung von Gasblasen aus thränenden Wurzelstöcken und Pflanzentheilen, sowie die Verwechselung von Wasserdampfblasen mit Luftblasen ausgenommen, lassen sich also, wie wir gesehen haben, sämmtliche auf Luftgehalt bezüglichen Beobachtungen durch den Eintritt der Aussenluft beim Anschneiden und Oeffnen wasserdampferfüllter, für Luft während ihres Geschlosseneins impermeabler Elemente erklären; die mitgetheilten Versuche bestätigen die durch Beobachtung und Versuch festgestellte Thatsache, dass innerhalb der Wasserleitungsorgane der geschlossenen Pflanze keine Luftblasen vorkommen.

Welches im Besonderen die Zeit ist, zu welcher Wasserdampf an Stelle des flüssigen Wassers in den Wasserleitungsorganen vorkommt, soll an einem anderen Orte untersucht werden, einstweilen sei nur darauf hingewiesen, dass für diese Zeit die Wasserbewegung eine andere sein muss als zu der Zeit, in welcher flüssiges Wasser die Wasserleitungselemente erfüllt. Ich hoffe demnächst den Nachweis liefern zu können, dass sich einestheils zur Zeit der Neubildung von Organen und organischer Substanz ein mit anorganischen Nährstoffen beladener Strom flüssigen Wassers ausschliesslich im Lumen der trachealen Elemente mit Hülfe des Wurzeldruckes und der Capillarität bewegt, wovon der erstere sich als treibende, die letztere als haltende Kraft erweisen wird; während andernteils nach dem Aufhören der Wurzelthätigkeit und der Neubildung, sowie unter gewissen Umständen, eine Wasserbewegung auf dem Wege der Destillation stattfindet.

### N a c h t r a g.

In einer mir erst nach Beendigung der vorliegenden Arbeit zu Gesicht gekommenen Abhandlung „Zur Theorie der Wasserbewegung in den Pflanzen“<sup>4)</sup>, welche ihre Besprechung demnächst

<sup>1)</sup> Flora 1862 p. 108.

<sup>2)</sup> Verhandl. d. königl. sächs. G. d. W. z. Leipzig 1877. p. 447.

<sup>3)</sup> Physiologie, Bd. I. p. 358.

<sup>4)</sup> Sep.-Abdr. aus Pringsheim's Jb. für wissenschaftl. Bot. Bd. XV. H. 4. 1884. p. 628.

finden soll, erklärt GODLEWSKI die in meiner vorl. Mittheilung über „Die Wasserbewegung im Holze“<sup>1)</sup> enthaltene Beweisführung für die Behauptung, dass in den Tracheiden und Gefäßen keine Luft vorhanden sei, als für vollständig verfehlt. In wieweit diese Behauptung begründet ist, wird durch die vorangegangene Erweiterung meiner Beweisführung ersichtlich sein, in welcher auch die in den von GODLEWSKI „zur Belehrung über den Luftgehalt“ angeführten Arbeiten enthaltenen Angaben über den Luftgehalt des Holzes auch ohne besondere Besprechung ihre Erklärung finden werden.

Aus den von BÖHM<sup>2)</sup>, sowie von FAIVRE und DUPRÉ<sup>3)</sup> angestellten Untersuchungen über die Zusammensetzung der in den Versuchsobjekten enthaltenen Gase sind keineswegs Schlüsse auf den Luftgehalt resp. Gasgehalt der trachealen Elemente zu machen, da bei diesen Versuchen einestheils die von aussen in die angeschnittenen und geöffneten Gefäße eingedrungene Luft mit zur Untersuchung kommt, falls die Elemente nicht mit Flüssigkeit erfüllt waren, andernteils die aus den Intercellularen und angeschnittenen lebensfähigen Zellen ausströmenden Gase.

Höchst sonderbar nimmt sich die Bemerkung GODLEWSKI's aus:

„Es ist ganz eigenthümlich, dass, nachdem man so lange Zeit hindurch die Tracheiden und Gefäße lauter Luft enthalten liess, man jetzt behaupten will, dass in diesen Elementen überhaupt gar keine Luft vorhanden ist“, bietet doch die Geschichte der verschiedensten Wissenschaften Beispiele genug, dass Ansichten, welche lange für wohlbegründet hingenommen worden waren, durch besser begründete verdrängt wurden!

Ausserdem steht meine als „eigenthümlich“ hingestellte Behauptung ja keineswegs unvermittelt da, ist doch bereits von SACHS, wie in vorliegender Arbeit gezeigt wurde, für möglich gehalten worden, dass die Wasserleitungselemente unter Umständen luftleer sein könnten. Ausserdem sind die Ansichten über den Inhalt der Gefäße noch gar nicht so lange Zeit übereinstimmend, wie GODLEWSKI anzunehmen scheint, der geschichtliche Ueberblick, den FAIVRE und DUPRÉ (l. c.) über dieselben anstellen, giebt darüber Belehrung.

1) Bot. Zeitung 1884, No. 12, 13.

2) Landwirthschaftl. Versuchsstationen, Bd. XXI, p. 373.

3) Ann. des sciences nat. 1866. p. 361.



# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft](#)

Jahr/Year: 1885

Band/Volume: [NF\\_11](#)

Autor(en)/Author(s): Scheit Max

Artikel/Article: [Beantwortung der Frage nach dem Luftgehalt des wasserleitenden Holzes. 463-478](#)